Exercícios de Física IV

Questão 14

A potência por unidade de área irradiada por um corpo negro é dada pela integral

$$\int_0^\infty I(\nu, T)\, d\nu = \int_0^\infty \frac{2\pi h\, \nu^3}{c^2} \frac{1}{\mathrm{e}^{(h\nu/k_B T)} - 1}\, d\nu.$$

k_B é a constante de Boltzmann, h é a constante de Planck e c é a velocidade da luz no vácuo.

(0,5 ponto) (a) Sem calcular explicitamente a integral, demonstre que

$$\int_0^\infty I(\nu, T)\, d\nu = \sigma\, T^4.$$

σ é uma constante (constante de Stefan-Boltzmann).

(1,0 ponto) (b) Usando análise dimensional determine α, β e γ em

$$\sigma = g\, \frac{k_B^\alpha}{h^\beta\, c^\gamma},$$

onde g é um número sem dimensão (não é preciso calcular g). (Alternativamente você pode já ter determinado σ no item anterior.)

(1,0 ponto) (b) A superfície de um corpo negro esférico de temperatura T, emite uma potência P. Use o resultado demonstrado no item (a) para mostrar que o raio R do corpo negro é inversamente proporcional ao quadrado da temperatura T.

Soluçao da Questão 14

(a) Basta fazer a mudança de varíavel

$$\nu = x\,\frac{k_B\,T}{h}$$

e notar que $\nu^3\,d\nu$ é proporcional a T^4.

(b) Tomando $\gamma = 2$ teremos a dimensão correta de *área* no denominador. Como h tem dimensão de energia vezes tempo, devemos tomar $\beta = 3$ para obter a dimensão correta de *tempo* no denominador. Finalmente, como k_B tem dimensão de energia vezes temperatura, devemos tomar $\alpha = 4$ de modo a obter a dimensão correta de *energia* no numerador.

(c) A potência é

$$P = (4\pi R^2)(\sigma\,T^4)$$

Portanto,

$$R = \sqrt{\frac{P}{4\pi\sigma}}\,T^{-2}.$$

Questão 15

Suponha que, em um experimento de laboratório, você tenha feito medidas do *efeito fotoelétrico*. Na tabela reproduzida na última página das folhas de respostas, são mostrados os dados que *você* obteve.

(0,5 ponto) (a) Complete a tabela e o gráfico que estão reproduzidos na última página das folhas de respostas.

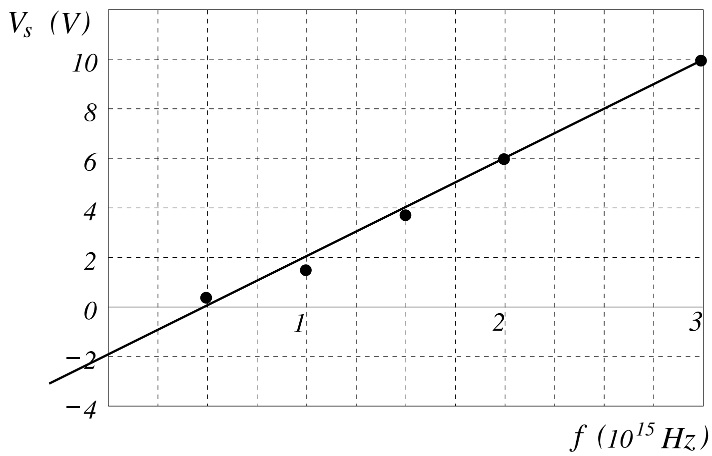
(1,0 ponto) (b) Determine o valor da constante de Planck em $eV \cdot s$.

(1,0 ponto) (c) Determine a função de trabalho Φ do metal utilizado no experimento, expressando sua resposta em elétron-volts.

Solução da questão 15

(a) Usando $f = c/\lambda$ obtemos o que é mostrado na figura abaixo

$\lambda(nm)$	100	150	200	300	400
Potencial de frenagem V_s	10,0	6,0	3,8	1,5	0,5
$f\ (10^{15}\,Hz)$	**3,0**	**2,0**	**1,5**	**1,0**	**0,7**



(b) Usando $E^{\max} = e\,V_s = h\,f - \phi$, teremos

$$h = \frac{10 - 0}{(3 - 0,5) \times 10^{-15}} eV \cdot s = 4 \times 10^{-15} eV \cdot s$$

(c)

$$\phi = h\,f - E^{\max}.$$

Tomando, por exemplo, $f = 2,0 \times 10^{15} s^{-1}$ e $V_s = 6,0\,V$, teremos $\phi = 2\,eV$. Este número pode também ser visualizado na intersecção da reta com o eixo horizontal, na figura acima.